

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 532.74; 53.098; 577.3; 53.082.64

АКТИВИЗАЦИЯ МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДУ ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ

А. В. КЛОЧКОВ, О. Б. СОЛОМКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: olena_k@ tut.by

(Поступила в редакцию 19.02.2021)

Магнитные технологии имеют значительные перспективы применения в различных сферах сельского хозяйства. Наибольшую перспективу имеет применение омагниченной воды, используемой для полива, орошения, опрыскивания посевов при проведении химзащитных мероприятий. Многими исследованиями доказано заметное улучшение показателей воды после омагничивания и последующее положительное действие на растения. Однако для технической реализации подобных технологий необходимо оптимизировать процесс омагничивания воды с достижением максимального эффекта за возможно короткое время. Оценочным показателем изменения свойств воды при омагничивании может служить изменение электропроводности. При действии магнитов на неподвижную воду ее электропроводность изменяется незначительно, и более заметно в течение первых 2 часов. Материал сосудов и ориентация магнитных полюсов в это время не оказывают заметного влияния на изменение электропроводности. Перспективы имеет проведение активного перемешивания воды при одновременном воздействии магнитов. При этом поток воды пересекает магнитное поле, ему приходится проходить через участки разной напряженности и в этих условиях магнитное поле способно с максимальной активностью воздействовать на воду. Установлены варианты с повышением оценочного показателя снижения электропроводности воды в 2,7–2,8 раза. Для дальнейшей разработки конструкции магнитного активатора рекомендуется вариант использования спаренного двухроторного смесителя со встречным вращением и горизонтальным расположением магнитов.

Ключевые слова: магнетизм, омагничивание, электропроводность воды, магнитное поле, магнитная активация.

Magnetic technologies have significant application prospects in various fields of agriculture. The most promising is the use of magnetized water used for irrigation, sprinkling and spraying of crops during chemical protection measures. Many studies have shown a noticeable improvement in water performance after magnetization and a subsequent positive effect on plants. However, for the technical implementation of such technologies, it is necessary to optimize the process of water magnetization with the achievement of maximum effect in the shortest possible time. The change in electrical conductivity can serve as an estimate of the change in the properties of water during magnetization. When magnets act on stationary water, its electrical conductivity changes insignificantly, and more noticeably during the first 2 hours. The material of vessels and the orientation of magnetic poles at this time do not have a noticeable effect on the change in electrical conductivity. Promising method is the carrying out of active mixing of water with the simultaneous action of magnets. In this case, the flow of water crosses the magnetic field, it has to pass through areas of different intensity, and under these conditions the magnetic field is capable of influencing water with maximum activity. Variants with an increase in the estimated indicator of a decrease in the electrical conductivity of water by 2.7–2.8 times have been established. For further development of the design of magnetic activator, it is recommended to use a paired twin-rotor mixer with counter rotation and horizontal arrangement of magnets.

Key words: magnetism, magnetization, electrical conductivity of water, magnetic field, magnetic activation.

Введение

Проблеме действия на воду магнитных полей посвящено немало исследований, обзор которых можно найти в известных публикациях [1, 2]. Отмечается [3], что одной из гипотез, объясняющих действие магнитного поля на биологические объекты, является изменение свойств воды, входящей в их состав. Существует гипотеза процесса, в соответствии с которой магнитное поле влияет на структуру сетки водородных связей. Энергия межмолекулярных водородных связей сравнительно невелика, что приводит к постоянному изменению структуры связей. Отмечается, что для изменения водной системы необходима небольшая величина приложенной внешней энергии.

В работе [4] проведены измерения показателей преломления, электропроводности, кислотности, теплопередачи, глубины переохлаждения, тангенса диэлектрических потерь бидистиллированной воды и льда. При воздействии на воду переменного магнитного поля индукцией 90нТл в течение 10 минут и более все параметры изменяются. Изменение происходит только при частотах магнитного поля около 0,01–0,08 Гц. Эффект зависит от ориентации вектора переменного поля относительно вектора

геомагнитного поля. Устойчивые изменения структурных свойств воды наблюдались в работе [5] при исследовании люминесценции в ультрафиолетовой области спектра. В работе [6] сообщается о изменениях электропроводности воды при действии на нее магнитного поля с напряженностью на уровне геомагнитного поля. В работе [7] авторы сообщают об изменении проводимости более чем на 10 % при облучении воды переменным магнитным полем с частотой 4 Гц и величиной 2,5 мТл в течение 30 минут. К сожалению, авторы не приводят достаточно полного описания методики измерений и используемой аппаратуры.

В исследованиях, проведенных в МАИ [8], переменное магнитное поле создавалось однослойным соленоидом, намотанным на каркас прямоугольного сечения, размером 150 x 145 мм и длиной 350 мм. Низкочастотный генератор и усилитель позволяли создавать магнитное поле синусоидальной формы с частотой от 0 до 1000 Гц и индукцией от 0,3 до 7 мТл. Ось соленоида была ориентирована параллельно направлению север-юг. Измерительная часть установки состояла из двух идентичных кондуктометрических ячеек (датчиков), электронного измерителя электропроводности, аналого-цифрового преобразователя и ПК. С помощью водозлектрических датчиков было исследовано влияние низкочастотного магнитного поля малой интенсивности на воду. Частоты воздействия от 1 до 12 Гц, индукция магнитного поля составляла 0,35; 0,92 и 1,77 мТл. В результате исследования было выявлено, что воздействие наблюдается даже при слабых олях, начиная с частоты 4 Гц. Результаты однозначно свидетельствовали о влиянии магнитного поля на электропроводность воды при частоте магнитного поля 7–8 Гц. Увеличение индукции магнитного поля с 0,35 мТл до 0,92 мТл незначительно влияло на конечный результат. Увеличение напряженности поля до 1,77 мТл приводило к существенным количественным и качественным изменениям реакции воды.

Коллективом авторов КубГАУ [2] проведен обзор научных публикаций, посвященных влиянию магнитного поля на размеры и концентрацию кластеров воды. Эти структурные перестройки сопровождаются изменением физико-химических свойств водных систем. В слабом магнитном поле, не обладающей значительной энергией, изменяются проводимость и диэлектрическая проницаемость воды, а также коэффициент поверхностного натяжения. Установлено, что характеристики активированной магнитным полем воды могут сохраняться значительное время. В итоге обзора установлено, что благодаря межмолекулярным водородным связям, вода по своим свойствам отличается от других гидридов и имеет ассоциативную структуру [1]. Движущей силой кластерообразования является ориентация и поляризация дипольных молекул жидкости [9].

В настоящее время экспериментально установлено существование в воде гигантских гетерофазных кластеров воды (ГГКВ), имеющих размеры 3,5–30 мкм. ГГКВ – фрагменты воды с измененными свойствами – это «микрообъемы» воды, в образовании которых принимают участие изотопы НДО. ГГКВ содержат 1010–1013 молекул воды [10].

Накоплены экспериментальные данные, доказывающие эффективность применения магнитного поля при осуществлении различных физико-химических процессов. Зафиксированы изменения структурных, оптических, кинетических, магнитных свойств воды. Молекулы воды, их ассоциаты, гидратированные ионы совершают тепловые колебания. При воздействии на эту систему переменным магнитным полем возможен резонанс с определенной группой молекул (ассоциатов), сопровождаемый деформацией связи, изменением структурной характеристики системы [11].

Обработка магнитным полем (0,3 Тл) проточной высокоомной воды приводит к ее более плотной структурной упаковке [12]. Предполагается, что образование ассоциатов воды, упорядочение объемной трехмерной сетки водородных связей происходит за счет преимущественного образования более сильных водородных связей и упорядочения их трехмерной сетки.

Действие магнитного поля на поток воды может быть связано с влиянием поля на заряды. Экспериментальные исследования показали, что кластеры, содержащие 3–18 молекул воды, имеют большой дипольный момент, создавая вокруг электрическое поле [13]. В магнитном поле, под действием силы Лоренца, образуются пластинчатые домены ориентированных молекул воды, стабилизированные ионами, а непрочные соединения распадаются на мономолекулы (плоские слои диполей воды). Измерения функции распределения частиц показали наличие в воде без воздействия магнитного поля кластеров размерами 1,5–6,0 мкм (среднеарифметический радиус – 2,3 мкм). При воздействии постоянного магнитного поля среднеарифметический радиус составил 2,5 мкм [14]. Оценка трехмерной формы крупных кластеров воды проводилась методом полных индикатрис рассеяния лазерного излучения после воздействия магнитным полем, ориентирующим кластеры. Магнитное поле создавалось стержневыми магнитами, один из которых помещался торцом под кюветой, а другой опускался в кювету на нити (вертикальная ориентация моментов). Кювета облучалась лазерным диодом (0,65 мкм, < 1 мВт) и поворачивалась с дискретностью по углу 15° [15]. Движущаяся вода с дипольными структурами во внешнем магнитном поле подобна проводнику. Для получения эффекта активации необходимо либо проточное движение воды в постоянном магнитном поле, либо импульсное электромаг-

нитное поле. Для наложения эффекта необходимо увязывать скорость протока воды и частоту поля, иначе поле может не успевать образовывать кластерные структуры в воде [16, 17]. Исследования влияния магнитного поля на воду, протекающую (4 л/с) через область постоянного магнитного поля (105 А/м), показали, что рост времени релаксации связан с образованием тяжелых кластеров [18]. Действие постоянного магнитного поля (0,02–0,11 Гс) на электрическое сопротивление воды носит инерционный характер. Эффект воздействия постоянного магнита складывался с эффектом, продуцируемым магнитным полем Земли (0,59 Гс). Постоянный магнит помещался на расстоянии 4,5 см от центра диэлектрической цилиндрической ячейки с плоскими электродами (при постоянной разности потенциалов 1,5 В плотность тока равна 0,83 мкА/см). Сопротивление ячейки с дистиллированной водой увеличивалось до максимального значения после включения магнитного поля. При выключении поля сопротивление возвращается до первоначального значения. Магнитное поле увеличивало сопротивление ячейки с водой на 1 % за 20 мин. Время инерции составляло 5 мин [19].

Экспериментально исследовано влияние постоянного кольцевого магнита с индукцией 1,3 Тл на воду, расположенной внутри кольца. Расчетная величина векторного потенциала по оси кольца составляла не менее 10–4 Тл [20]. Выявлено увеличение оптической плотности в ультрафиолетовой области для деионизованной воды (18,2 МОм см) после 20-часового облучения магнитным полем. Исследования 0,9 % раствора NaCl показали значительный эффект после 20 мин облучения. Струю воды пропускали со скоростью 3–4 м/с через магнитное поле 0,2 Тл. В результате воздействия pH воды смещался в щелочную сторону, а растворимость газов O₂ и CO₂ уменьшались [21]. Действие переменным магнитным полем (25 мкТл, 8 Гц) показало увеличение критического количества мицеллообразования на 15–25 %. Разные соли приводят как к уменьшению, так и к увеличению эффекта [22].

Приведенный выше материал показывает актуальность дальнейших экспериментов по исследованию влияния магнитного поля на электропроводные свойства воды.

Основная часть

Магнитная обработка требует обязательного протекания воды через одно или несколько магнитных полей, на неподвижную воду магнитные поля действуют гораздо слабее. Поскольку обрабатываемая вода всегда обладает некоторой электропроводностью, то при ее перемещении в магнитных полях возбуждается небольшой электрический ток. Следовательно, точнее сказать, что имеет место не магнитная, а электромагнитная обработка водной системы [23]. Когда поток воды или суспензии пересекает магнитное поле, ему приходится проходить через участки разной напряженности. В этих условиях магнитное поле всегда неоднородно и его оценка по величине максимальной напряженности явно недостаточна. Поэтому встает задача оценки степени воздействия на воду магнитного поля при различной активности ее перемешивания.

На первом этапе исследовали изменение электропроводности воды при длительном воздействии постоянных ферритовых магнитов с максимальной индукцией 42–43 мТл и отсутствии существенных перемешиваний воды (рис. 1).

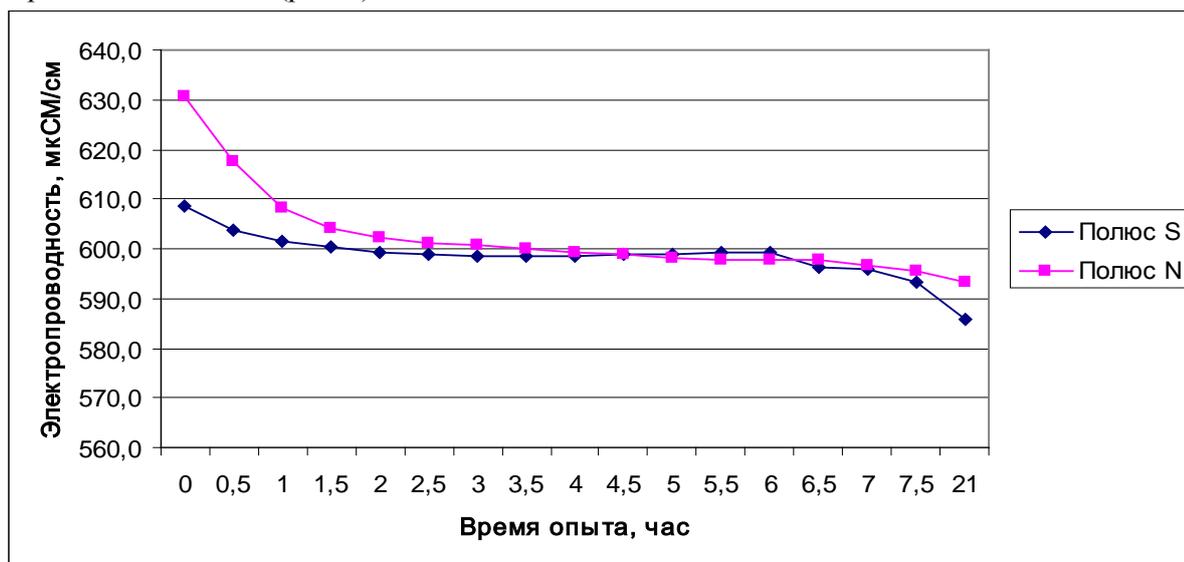


Рис. 1. Изменение электропроводности воды в состоянии относительного покоя за 21 час

За первые 2 часа наблюдений отмечалось снижение электропроводности на 9,8–29,4 мкСм/см, более значительное под действием полюса N. В дальнейшем длительное время наблюдаемый показатель электропроводности изменялся незначительно, и еще несколько снизился к концу наблюдений.

С учетом перспектив технической реализации процесса омагничивания и обеспечения производительности возможных устройств, длительное воздействие магнитного поля на воду не отвечает требованиям. Поэтому возникает задача активизации процесса магнитного воздействия и поиска способов интенсивного омагничивания воды за минимальное время.

На втором этапе исследований определяли влияние полярности постоянных ферритовых магнитов с максимальной индукцией 26–32 мТл и материала емкости с водой на изменение показателя электропроводности в течение первых 2 часов (рис. 2). Перемешивание жидкости производили только датчиком прибора МАРК-630 перед снятием показаний.

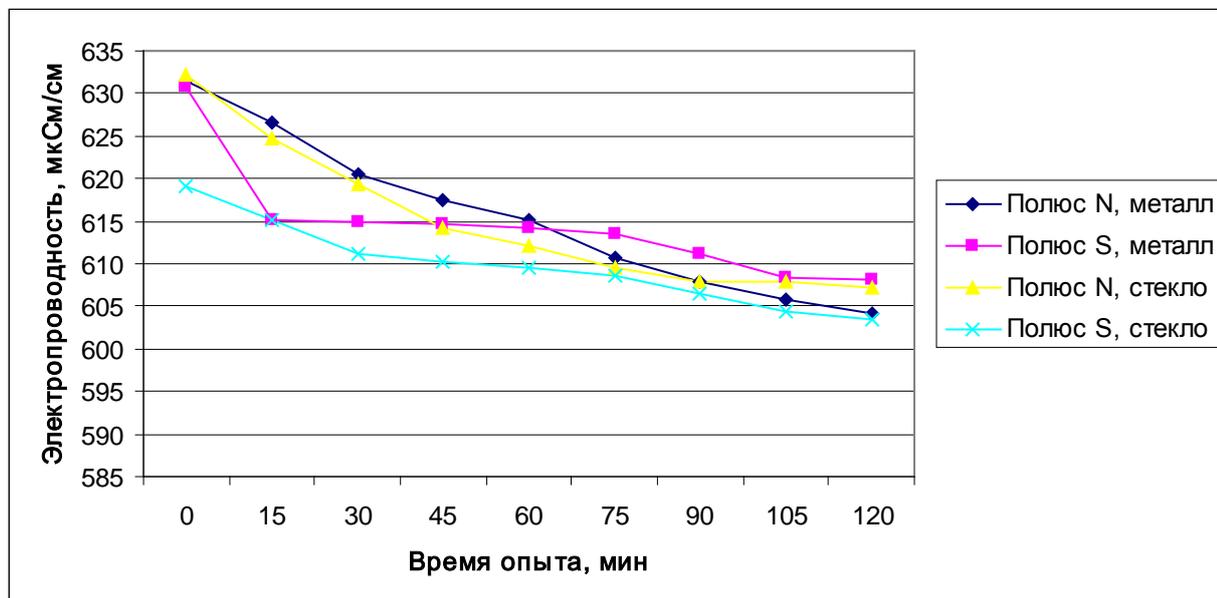


Рис. 2. Изменение электропроводности воды в различных емкостях при различной полярности магнитов с перемешиваниями во время замеров

Полученные данные показывают сходный характер протекания процесса снижения электропроводности с незначительными изменениями показателей от исследованных условий наблюдений.

Заключительный этап изучения процесса магнитного воздействия на воду проводили при активном воздействии магнитных устройств различной конструкции. В опытных установках использовали по 2 ферритовых магнита с максимальной индукцией 14–17 мТл. В пластиковый сосуд заливали по 500 мл водопроводной воды и с использованием электропривода вращали омагничивающие устройства (рис. 3) с частотой 230 и 260 об/мин, с интервалом в 5 с снимая показатели электропроводности прибором МАРК-630.



Рис. 3. Устройство роторного магнитного смесителя (РМС)

В опытах также изменяли направление вращения роторов, при этом за счет спиральной навивки обеспечивалось различное движение воды относительно магнитов: вверх или вниз. При горизонтальном расположении магнитов сверху находился активный проволочный смеситель для создания турбулентного движения воды.

Получены и проанализированы показатели изменения электропроводности воды при различных вариантах воздействия (таблица).

Параметры итогового снижения электропроводности воды (мкСм/см) в результате различных вариантов перемешивания с воздействием магнитного поля

Варианты перемешивания	Направление вращения смесителя	Частота вращения, об/мин	Электропроводность, мкСм/см				Изменение к контрольному вариантам, %	Среднее, %
			max	min	средняя	Разность: max-min		
Контроль (спираль)	по часовой	230	617,8	616,1	617,0	1,7	100	
	по часовой	260	592,7	590,4	591,6	2,3	100	
PCM + N-S	по часовой	230	613,3	611,4	612,3	1,9	111,8	
	по часовой	260	599,3	596,4	814,1	2,9	126,1	
	против часовой	230	617,8	615,1	616,2	2,7	158,8	
	против часовой	260	614,4	612	613,2	2,4	104,3	
PCM + N-N	по часовой	230	620,6	615,7	617,4	4,9	288,2	
	по часовой	260	615,9	613,3	616,0	2,6	113,0	
	против часовой	230	607,4	605,3	606,3	2,1	123,5	
	против часовой	260	601,1	598	600,1	3,1	182,4	
PCM + S-S	по часовой	230	601,9	599,2	599,9	2,7	158,8	
	по часовой	260	605,7	603,7	603,4	2,0	117,6	
	против часовой	230	617,6	615,8	616,3	1,8	105,9	
	против часовой	260	618,7	615,8	616,1	2,9	126,1	143,1
Контроль (пестик)	горизонтальное	230	604,6	585,8	596,3	18,8	100	
	горизонтальное	260	597,6	579,8	589,2	17,8	100	
Ротор-N вверх	горизонтальное	230	617,8	598,1	607,8	19,7	104,8	
	горизонтальное	260	619,2	600,6	610,4	18,6	104,5	
Ротор-S вверх	горизонтальное	230	617	567	586,5	50,0	266,0	
	горизонтальное	260	608,7	571,5	586,6	37,2	209,0	171,1
Спаренный двухроторный	горизонтальное встречное	230	616,4	567,5	591,2	48,9	260,1	
	горизонтальное встречное	260	619	584,7	602,7	34,3	192,7	226,4

В среднем различные варианты использования смесителя РСМ показали увеличение итогового оценочного показателя на 143,1 %. При этом изменение частоты вращения в исследованных пределах 230–260 об/мин давало противоречивые результаты. Максимальный показатель снижения электропроводности 288,2 % отмечен в варианте использования роторного магнитного смесителя РСМ с закреплением магнитов полюсами N наружу в сторону жидкости.

При использовании одинарного ротора с горизонтальным расположением магнитов среднее изменение оценочного показателя составило 171,1 %, и было более значительным при расположении полюса S вверх. Наибольшие показатели снижения электропроводности в 226,4 % получены при использовании конструкции спаренного двухроторного смесителя со встречным активным перемешиванием воды.

Для иллюстрации хода процесса снижения электропроводности в процессе активного перемешивания приведены выборочные графики наиболее характерных вариантов (рис. 4).

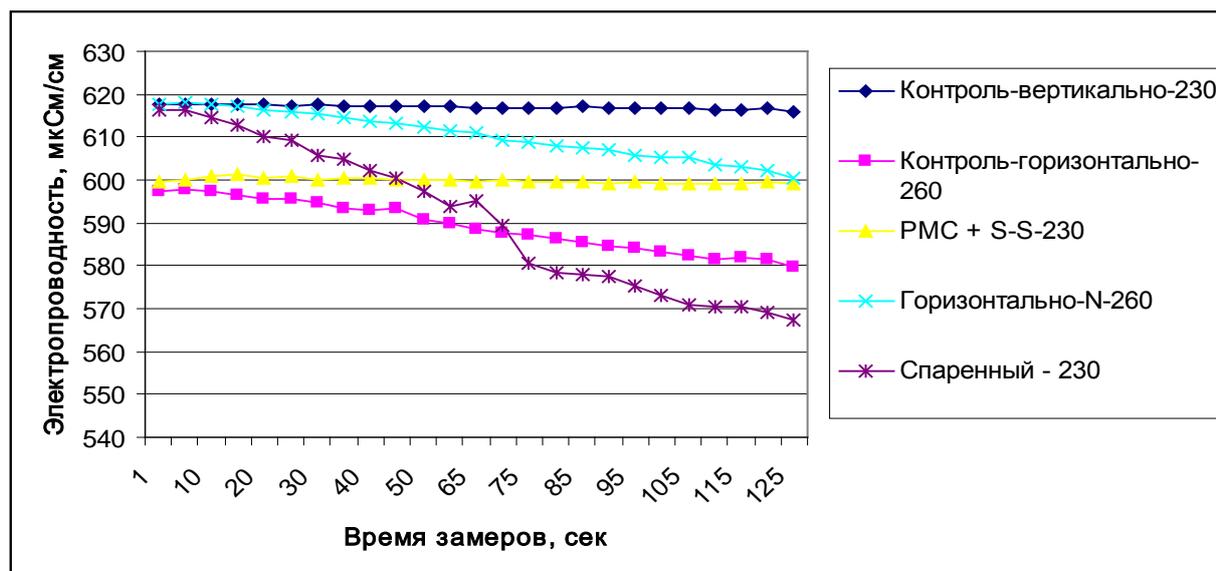


Рис. 4. Примеры протекания процесса изменения электропроводности воды при различных вариантах перемешивания

Контрольный вариант работы спирального ротора без магнитов практически не изменяет электропроводность воды за время наблюдения. То же происходит и в варианте РСМ + S-S при частоте вра-

щения 230 об/мин. Наиболее активно снижение электропроводности отмечено при работе спаренного двухроторного смесителя с горизонтальным расположением магнитов.

Заключение

Магнитные технологии имеют значительные перспективы применения в различных сферах сельского хозяйства. Наибольшую перспективу имеет применение омагниченной воды, используемой для полива, орошения, опрыскивания посевов при проведении химзащитных мероприятий. Многими исследованиями доказано заметное улучшение показателей воды после омагничивания и последующее положительное действие на растения. Однако для технической реализации подобных технологий необходимо оптимизировать процесс омагничивания воды с достижением максимального эффекта за возможно короткое время. Оценочным показателем изменения свойств воды при омагничивании может служить изменение электропроводности. При действии магнитов на неподвижную воду ее электропроводность изменяется незначительно, и более заметно в течение первых 2 часов. Материал сосудов и ориентация магнитных полюсов в это время не оказывают заметного влияния на изменение электропроводности. Перспективы имеет проведение активного перемешивания воды при одновременном воздействии магнитов. При этом поток воды пересекает магнитное поле, ему приходится проходить через участки разной напряженности и в этих условиях магнитное поле способно с максимальной активностью воздействовать на воду. Установлены варианты с повышением оценочного показателя снижения электропроводности воды в 2,7–2,8 раза. Для дальнейшей разработки конструкции магнитного активатора рекомендуется вариант использования спаренного двухроторного смесителя со встречным вращением и горизонтальным расположением магнитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зацепина, Г. Н. Физические свойства и структура воды / Г. Н. Зацепина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 184 с.
2. Анализ процессов, обуславливающих влияние магнитного поля на структуру и свойства воды / В. А. Власов [и др.]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protsessov-obuslavlivayuschih-vliyanie-magnitnogo-polya-na-strukturu-i-svoystva-vody>.
3. Классен, В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – М.: Химия, 1973. – 239 с.
4. Семихина, Л. П. Изменение показателей преломления воды после магнитной обработки / Л. П. Семихина // Коллоидный журнал. – 1981. – Т. 43, №2. – С. 401–404.
5. Лобышев, В. И. Особенности люминесценции воды, обусловленные полиморфизмом ее структур / В. И. Лобышев, Б. Д. Рыжиков, Р. Э. Шихлинская // Вестник МГУ, сер. Физика. Астрономия, 36. – №2. – Т. 48. – 1995.
6. Санкин, Г. Н. Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях / Г. Н. Санкин, В. С. Тесленко // ЖТФ. – 2000. – Т. 70, вып.3. – С. 64–65.
7. Акопян, С. Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний / С. Н. Акопян, С. Н. Арапейтян // Биофизика. – 2005. – Т. 50, вып. 2. – С. 265–270.
8. Агеев, И. М. Изучение влияния низкочастотного магнитного поля на воду / И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин, С. М. Еськин. – Режим доступа: <https://mai.ru/upload/iblock/99b/izuchenie-vliyaniya-nizkochastotnogo-magnitnogo-polya-na-vodu.pdf>.
9. Френкель, Я. И. Кинетическая теория жидкостей / Я. И. Френкель. – Л.: Наука, 1975. – 592 с.
10. Химия и технология воды / А. Н. Смирнов [и др.]. – 2005. – 27, № 2. – С. 111–137.
11. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ - и СВЧ – диапазонов на жидкую воду / Л. Д. Гапочка [и др.] // Вестник МГУ. – Сер. – Физ. астрон. – 1994. – Т. 35, № 4. – С. 71–76.
12. Караваева, А. П. Некоторые свойства омагниченной глубокообессоленной воды / А. П. Караваева, И. К. Маршаков, А. А. Жидконожкина // Теория и практика сорбционных процессов. – Воронеж. – 1976. – Вып. 11. – С. 78–83.
13. Мокроусов, Г. М. Физико-химические процессы в магнитном поле / Г. М. Мокроусов, Н. П. Горленко. – Томск. 1988. – 128 с.
14. Букастый, В. И. Разработка измерительно-вычислительного комплекса и метода малых углов рассеяния для контроля оптических неоднородностей (кластеров) в бидистиллированной воде после действия магнитного поля / В. И. Букастый, П. И. Нестерюк // ЭФТЖ. – 2012. – №7. – С. 6–11.
15. Коваленко, В. Ф. Определение формы кластеров воды / В. Ф. Коваленко, А. Ю. Бордюк, С. В. Шутков // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т.24. – №7. – С. 601–607.
16. Уманский, Д. И. Влияние магнитного поля на диэлектрическую проницаемость технической воды / Д. И. Уманский // ЖТФ. – 1965. – Вып.2. – С. 2245–2248.
17. Миненко, В. И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В. И. Миненко. – К.: Техника, 1970. – 165 с.
18. Сусяев, В. И. Изменение удельной проводимости дистиллированной воды при воздействии постоянным магнитным полем / В. И. Сусяев, Н. А. Монголина, А. А. Павлова // Известия вузов. Физика. – 2006. – № 9. – С. 127–128.
19. Санкин, Г. Н. Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях / Г. Н. Санкин, В. С. Тесленко // ЖТФ. – 2000. – Т.70. – Вып. 3. – С. 64–65.
20. Трухан, Э. М. Некоторые физико-химические характеристики слабых электромагнитных воздействий на водную среду / Э. М. Трухан, П. Н. Пилипенко // Экологический вестник. – 2010. – №2(12). – С. 66–72.
21. Пасько, О. А. Физико-химические изменения в водопроводной воде при ее обработке различными способами / О. А. Пасько // Вода: химия и экология. – 2010. – № 7. – С. 40–45.
22. Мартынюк, В. С. Влияние магнитного поля крайне низкой частоты на критическую концентрацию мицеллообразования в воде и водных растворах электролитов / В. С. Мартынюк, Д. А. Панов, Ю. В. Цейслер // Физика живого. – 2008. – Т.16. – №2. – С. 78–84.
23. Классен, В. И. Вода и магнит / В. И. Классен. – М: Наука, 1973, 112 с.